

## 原子論的生産技術の創出を目指して



工学博士 遠藤 勝 義  
大阪大学大学院工学研究科 教授  
附属超精密科学研究センター センター長

平成18年は、日経平均株価16000円台でスタートし、景気の先行きも明るいようである。これは人件費も含めた大幅なコストカットを突き進めた結果であって、技術革新のお蔭とは思えない。それゆえ、製造業にとってはこれからの10年、20年先の生き残りを賭けて、単なる回復ではなく継続的に発展するシステムを構築しなければならない。何故なら、これまで日本の繁栄を支えてきたのは、優れた製造技術であり、これからも「物づくり」が我が国の産業の生命線だからである。しかし、1980年代に圧倒的に優位であった我が国の製造業にも翳りが見られる。これは、日本の製造業が、人件費を含めた生産コスト上昇のために海外へ生産拠点を移すようになり、産業の空洞化を引き起こしたからである。さらに、これまで多大な努力が払われて完成した、競争力の源となる生産技術のノウハウも製造装置とともに海外へ流出している。今後、我が国が現在の生活水準を維持するためには、日本でしかできない独創的な生産技術を継続的に開発し、高付加価値の「物」を常に作り続けることが残された唯一の道である。

そこで、過去10年間の科学技術に関する国の政策について振り返るとともに、我々の研究グループ（大阪大学大学院工学研究科の超精密科学研究センターと精密科学専攻、物質・生命工学専攻応用表面科学講座）の「物づくり」への挑戦を紹介したい。まず、平成7年に科学技術基本法が制定され、「科学技術創造立国」を目標に大きな舵取りがなされた。それに基づき、平成8～12年度に第1期科学技術基本計画、平成13～17年度に第2期科学技術基本計画が策定され、それぞれ5年間で17兆円、

24兆円という従来にない大きな予算が投入された。平成18年度から開始される第3期科学技術基本計画にも25兆円の予算が見込まれている。

このような情勢の中、当該研究グループは、平成8年度に文部科学省のCOE（Center of Excellence）プロジェクトとして「完全表面の創成」をテーマに、「大阪大学・超精密加工研究拠点」の形成が認められ、延長の2年間を含めて平成14年度まで、中核的研究拠点として研究開発を推進してきた。まず、世界最高の超高純度ガスと超純水を供給できる最先端研究施設ウルトラクリーンルームを創り上げ、EEM（Elastic Emission Machining）、プラズマCVM（Chemical Vaporization Machining）、超純水のみによる電気化学加工等の世界初の画期的な加工法や大気圧プラズマCVD（Chemical Vapor Deposition）等の独創的な成膜法を開発し、また開発した手法を具現化する世界で唯一の加工・成膜装置を完成した。さらに、加工や成膜した表面を計測評価する方法を確立し、世界最高性能のX線ミラーや次世代半導体基板の超薄膜SOI（Silicon on Insulator）ウエハ等の開発にも成功し、COEプロジェクトとしての当初の目標を達成した。

また、これらの成果が認められ、平成13年度には、文部省COE「完全表面の創成」の研究成果を応用展開するとともに独創的な生産技術をさらに開発するため、超精密科学研究センターが創設された。そして、あらゆる不純物を徹底的に除去した約500 m<sup>2</sup>のウルトラクリーン実験施設を平成15年度に完成し、研究環境はより一層充実した。

そして、本研究グループは、平成15年度には、21世紀COEプログラムに採択され、「原子論的生産技術の創出拠点」(ナノメートルレベルの表面創成システムの開発)を5年間で形成することになった。21世紀の日本を担う先端産業や自然の根源を明らかにする基礎科学からは、原子の大きさの精度が問題となる従来技術では製作不可能な光・電子デバイスの創出が要請されている。たとえば、光学素子では、重力波望遠鏡やX線顕微鏡、次世代EUV (Extreme Ultra-Violet) リソグラフィー等の高精度ミラーであり、また電子素子では、SOI (Silicon on Insulator) やSiC, GaNを基板とする半導体デバイス等である。このような究極の精度が必要な「物」を創り出すためには、従来の製造技術の延長線上を経験に基づき改良を重ねて洗練していく手法では道は拓けない。つまり、未踏の分野から求められる新しいデバイスを創るためには、経験やノウハウによらないサイエンスを基盤にした新世紀の製造技術の開発が必要である。本21世紀COEプログラムでは、このような最先端の科学技術分野から要求される「究極の物づくり」に挑戦する。すなわち、原子レベルの精度が必要な光・電子デバイスを製作するために、製造プロセスに利用する物理・化学現象を原子・電子論的立場から理解し、精密に制御することによって極限まで活用する「原子論的生産技術」といべき独創的な生産技術を創出し続けるとともに、それを担う人材を育成することが使命である。

具体的には、まず表面創成プロセスに利用する表面を舞台にした物理・化学現象を原子・電子の振舞から理解することが必要である。そのためには、量子力学に基づく第一原理分子動力学シミュレーションを駆使して、「物づくり」のプロセスに活用する表面反応過程を解明しなければならない。また、この表面反応過程を表面科学の手法を用いた原子構造・電子状態の観察から実証することが必要である。そして、原子・電子のレベルから

理解された現象を活用して新しい超精密加工プロセスを開発するとともに、超精密加工によって創製された表面上に多層薄膜や微細構造を形成するための成膜・微細加工プロセスも新しく開発しなければならない。当然、薄膜や微細構造の機能を第一原理シミュレーションから予測することは言うまでもなく、これらのプロセスによって作られた表面や薄膜、微細構造の機能を評価する極限計測技術の開発も不可欠である。最終的には、開発したプロセスを組み合わせ、目的を達成するデバイスを作製し、そのデバイスの性能を評価すべきである。このように、プロセスに活用する自然現象を原子・電子レベルから解明することに始まり、その現象を制御する独創的なプロセス装置を開発し、実際に「物」を作り、計測評価するところまでを一貫して研究する。現在、(1) タンパク質構造解析や生体組織分析、生体反応の動的解析等に活用されるX線顕微鏡やX線干渉計の開発、(2) 将来のデザインルール45 nm以降の半導体デバイス製造技術に不可欠なEUVリソグラフィー用非球面ミラーの開発、(3) アインシュタインの一般相対性理論を実証する目的で神岡に計画されている重力波望遠鏡用超低損失ミラーの開発、(4) GaNやSiC, 超薄膜SOIによる高速・低消費電力次世代半導体デバイスの開発、(5) 低コスト電力用太陽電池の実用化、(6) 次世代平面ディスプレイ用高機能薄膜の開発、(7) 低環境負荷の超純水中の半導体デバイスプロセスの開発等の研究プロジェクトを推進している。

さて、現時点は、平成18年度にスタートする第3期科学技術基本計画が策定されている段階である。この計画では、広義のイノベーションと産学協働がキーワードになっている。つまり、我々のような新しい生産技術を研究開発する分野では、産業界が要求する新しい製品を作るための独創的な生産技術を産学協働で開発することが求められる。今後とも人材の交流を含めた大人の産学協働に努めたい。